

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10112337 A**

(43) Date of publication of application: **28.04.98**

(51) Int. Cl. **H01M 14/00**
C25D 11/26
H01L 31/04

(21) Application number: **08329968**

(22) Date of filing: **10.12.96**

(30) Priority: **09.08.96 JP 08210857**

(71) Applicant: **NIKON CORP**

(72) Inventor: **ISHIZAWA HITOSHI**
TANAKA AKIRA

(54) **WET SOLAR CELL**

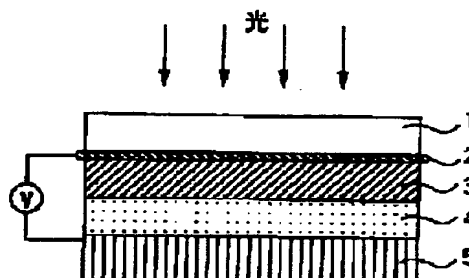
conducting film 2.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce electric resistance on the interface between a pigment sensitizing semiconductor electrode and an electromotive force taking out electrode and the internal resistance in the semiconductor electrode, and enhance photoelectric transfer efficiency by increasing utilization efficiency of irradiation light energy in a wet solar cell having the pigment sensitizing semiconductor electrode.

SOLUTION: A conducting substrate 5 for taking out electromotive force is oxidized, and pigment is carried on an oxidized film to produce a pigment sensitizing semiconductor electrode 4 integrated with the conducting substrate. As the oxidizing method, anodic oxidation is used, hydrothermal treatment is applied to the anodically oxidized film to make the oxidized film porous. Thereby, a large amount of pigment is adsorbed and utilization efficiency of irradiation light energy is enhanced. A wet solar cell is assembled by interposing an electrolyte layer 3 between the pigment sensitizing semiconductor electrode 4 and a transparent



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-112337

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月28日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I	
H 0 1 M 14/00		H 0 1 M 14/00	P
C 2 5 D 11/26	3 0 2	C 2 5 D 11/26	3 0 2
H 0 1 L 31/04		H 0 1 L 31/04	Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-329968

(22) 出願日 平成8年(1996)12月10日

(31) 優先権主張番号 特願平8-210857

(32) 優先日 平8(1996)8月9日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 石沢 均

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 田中 彰

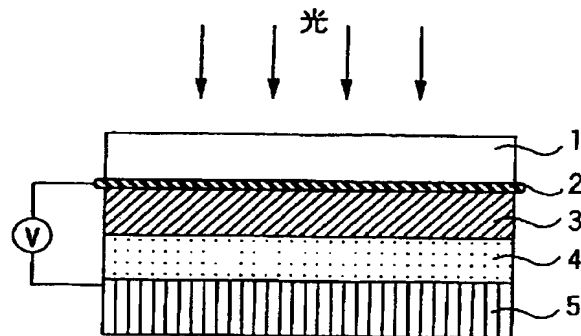
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(54) 【発明の名称】 湿式太陽電池

(57) 【要約】

【課題】 色素増感半導体電極を有する湿式太陽電池において、その半導体電極と起電力取り出し電極との界面による電気抵抗、及び半導体電極内の内部抵抗を低減させると共に、照射光エネルギーの利用効率を高めることにより、光電変換効率を向上させること。

【解決手段】 起電力を取り出すための導電性基板5を酸化し、この酸化膜に色素を担持させて、導電性基板と一体化した色素増感半導体電極4を作製する。酸化法として陽極酸化を用い、この陽極酸化膜を水熱処理することによって、多孔質構造とすれば、多量の色素を吸着させることができるので、照射光エネルギーの利用効率を一層高めることができる。色素増感半導体電極4と透明導電膜2との間に電解質層3を挟持して湿式太陽電池を組み立てる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明導電膜付き透明基板と、該透明基板と対極をなす導電性基板との間に色素を担持させた半導体電極と電解質層とがあり、光電変換によって前記透明導電膜と前記導電性基板との間に電気エネルギーを発生する湿式太陽電池において、

前記半導体電極は、前記導電性基板を構成する金属の少なくともその一部分を酸化することによって得られる酸化膜であることを特徴とする湿式太陽電池。

【請求項2】 前記導電性基板を構成する金属は、チタン、ニオブ、タンタル、ジルコニウムから選ばれた1種類の金属であることを特徴とする、請求項1に記載の湿式太陽電池。

【請求項3】 前記半導体電極を構成する酸化膜は、前記金属を陽極酸化することによって得られる金属陽極酸化膜であり、該金属陽極酸化膜は多孔質構造を有することを特徴とする、請求項1に記載の湿式太陽電池。

【請求項4】 前記多孔質構造は、陽極酸化によって該陽極酸化膜に含有された、液体に可溶な物質を、水熱処理によって溶出させることにより形成されたことを特徴とする、請求項3に記載の湿式太陽電池。

【請求項5】 前記導電性基板は、チタンの基板であり、該チタン基板は、サンドブラスト処理による粗面を有し、

前記半導体電極は、チタンの陽極酸化膜であり、該陽極酸化膜は、多孔質構造を有することを特徴とする、請求項1に記載の湿式太陽電池。

【請求項6】 透明導電膜付き透明基板と、該透明基板と対極をなす導電性基板との間に色素を担持させた半導体電極と電解質層とがあり、光電変換によって前記透明導電膜と前記導電性基板との間に電気エネルギーを発生する湿式太陽電池において、

前記導電性基板は、少なくともその一部分にチタン粉末の溶射によって形成されたチタン層を有し、

前記半導体電極は、前記チタン層の少なくともその一部分を陽極酸化することによって得られるチタン陽極酸化膜である、ことを特徴とする湿式太陽電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光エネルギーを電気エネルギーに直接変換する湿式太陽電池に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、光エネルギーを電気エネルギーに直接変換する方法としては、シリコン半導体や色素を用いた光化学電池が知られている。中でも半導体シリコンのpn接合を用いた太陽電池はよく知られており、すでに微弱電力消費の分野や独立電源さらには宇宙用電源として利用されている。しかしながらシリコン太陽電池は理論変換効率が低く、しかも実用上、変換効率が劣化するという問題がある。また、シリコン単結晶はもちろん

アモルファスシリコンを製造するに当たっても多大なエネルギーを必要とするので、電池を作るのに費やしたエネルギーを回収するには、数十年という長期間にわたって発電を続ける必要がある。半導体電極を色素増感した光化学電池（湿式太陽電池）は古くから研究されているが、このタイプの光化学電池は変換効率が低い問題点があった。しかし、最近、半導体電極の表面積を大きくして多量の色素を吸着させ、変換効率を飛躍的に高くすることができるようになった。このような色素を吸着させた半導体電極を色素増感半導体電極と呼んでいる。

【0003】図3は、色素増感半導体電極を用いた従来の光化学電池の概略構成を示す断面図である。その構成は、2枚の透明基板1に各々透明導電膜2を付着させ、透明導電膜2の間に、電解質層3と色素増感半導体電極4を挟持したものであり、半導体電極としてチタニア(TiO_2)を用いている。ところが、半導体電極はそのままでは、キャリア（電荷担体）の濃度が金属に比べて非常に小さいために、電子の授受をスムーズに行わせることが非常に困難であった。

【0004】そこで、最近の色素増感半導体電極は、チタニア微粒子と色素との界面における電子の授受がうまく行われるように、両者の化学結合などの点で様々な工夫がなされている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、湿式太陽電池の光電変換効率に対しては、導電膜とその表面に形成された酸化チタン膜の間、及び酸化チタン膜を構成するチタニア微粒子間における電気抵抗が、大きく影響する。従って、導電膜と酸化チタン膜との界面、及びチタニア微粒子同士の界面に生じる内部抵抗をできるだけ減らす必要がある。しかし、従来の色素増感半導体電極は、チタニア微粒子を分散させた溶液を透明導電膜付きの透明基板上に塗布し、乾燥後に高温焼結して得られた酸化チタン膜を用いていたために、界面における電子の授受については改善する余地がなかった。

【0006】また、酸化チタン膜の色素担持性能は、酸化チタン膜の表面粗さで決まるが、従来の製造工程では表面粗さをコントロールする余地もなかった。本発明の目的は、電子の授受がスムーズに行われ、且つ照射光の利用効率が高い湿式太陽電池を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、色素増感半導体電極と色素増感半導体電極に接して設けられた導電膜（一方の電極）を一体化させることにより、その界面の電子の授受をスムーズに行わせることを見出した。すなわち本発明は、「透明導電膜付き透明基板と、該透明基板と対極をなす導電性基板との間に色素を担持させた半導体電極と電解質層とがあり、光電変換によって前記透明導電膜と前記導電性基板との間に電気エネルギーを発生する湿式電池において、前記半導体電極は、前記

導電性基板を構成する金属の少なくともその一部分を酸化することによって得られる酸化膜であることを特徴とする」ものである（請求項1）。

【0008】また、前記導電性基板を構成する金属は、チタン、ニオブ、タンタル、ジルコニウムから選択され（請求項2）、前記半導体電極を構成する酸化膜は、上記金属を陽極酸化させて、多孔質構造をもつようにしたものである（請求項3）。また、前記導電性基板は、サンドブラスト処理により粗面化されたチタン基板であり、前記半導体電極は、多孔質構造を有するチタン陽極酸化膜である（請求項5）。

【0009】さらに、前記導電性基板は、少なくともその一部分にチタン粉末の溶射によって形成されたチタン層を有し、前記半導体電極は、前記チタン層の少なくともその一部分を陽極酸化することによって得られるチタン陽極酸化膜である（請求項6）。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明の半導体電極は、チタン、ニオブ、タンタル、ジルコニウムから選択された金属を酸化したものであるから、光電変換作用をもつ金属酸化物と電極として使用される金属とは一体となっている。金属の酸化処理には、酸化雰囲気中で金属を加熱したり、電解液中でのイオン化を利用する方法があるが、以下の理由により特に陽極酸化法が好ましい。陽極酸化膜は、金属基板の表面を酸化して形成しているため、基板と酸化膜の密着性は極めて良好であり、この界面における電気抵抗は非常に小さいという特長がある。又、比較的低エネルギーで酸化膜が形成されるにもかかわらず、陽極酸化膜を構成する粒子同士が強く結合しているため、陽極酸化膜内部の電気抵抗を小さくすることができる。陽極酸化膜を形成するのにかかる時間は数分程度と短く、また特殊な装置を必要とせず、室温の水溶液中で作製できるので、成膜に必要なエネルギー消費量は非常に少ない。従って、陽極酸化膜を湿式太陽電池に利用することは、変換効率を向上させるには非常に有利である。本発明で行う陽極酸化は、電解質中で上記の金属を陽極、任意の金属を陰極とし、電界をかけることにより、陽極側の金属の表面上に厚さ数 μm の酸化皮膜を形成する技術である。陽極酸化に用いる電解液としては、リン酸、硫酸あるいはこれらの混酸、グリセロリン酸塩と金属酢酸塩を溶解した水溶液などが好ましい。グリセロリン酸塩としてはグリセロリン酸ナトリウム、グリセロリン酸カルシウムなどがあるが、水に非常に溶けやすいことからグリセロリン酸ナトリウムが最も好ましい。金属酢酸塩ならば何でも良いが、特にアルカリ金属（リチウム、ナトリウム、カリウム、ルビジウム、セシウム）の酢酸塩、アルカリ土類金属（マグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、バリウム）の酢酸塩、さらに酢酸ランタンなどはグリセロリン酸塩の水溶液に非常によく溶け、しかも高い電圧まで安定に陽極酸化できるの

で最も好ましい。これらの電解液を用いて例えばチタンを陽極酸化すると、リン酸やグリセロリン酸塩からリンイオンあるいはリン酸イオンが、金属酢酸塩から金属イオンが取り込まれたチタン陽極酸化膜が形成される。これらの電解液を用いて陽極酸化を始める前には、あらかじめ最高到達電圧を設定しておく。陽極酸化を開始すると電圧は徐々に上昇し、その最高電圧に到達すると電流が流れなくなり陽極酸化が終了するようにする。陽極酸化にかかる時間は、電流密度を高くして速く昇圧するほど短時間で終了させることができるが、およそ5～10分程度と比較的短くする。膜の厚さは電圧に比例するので、陽極酸化膜の単位面積当たりの表面積を増大させるには、高電圧で陽極酸化して膜厚を大きくするとよい。しかし、膜厚が大きすぎると安定して陽極酸化ができなくなるので、500V程度が限界である。電圧が100Vを超えたあたりから、陽極酸化膜の表面で火花放電が発生し、酸化皮膜が局部的に高い温度に加熱される。このような膜に対する加熱が無数に繰り返された結果、陽極酸化膜全体が結晶化され、結晶性の高い陽極酸化膜が形成される。また、陽極酸化は他のセラミック膜の製造方法に比べて成膜速度が速く、大面積であっても均一な厚さに成膜できるという利点がある。しかも基板表面に激しい凹凸が形成されていたり、基板が複雑な形状をしていても成膜できるので、大面積のセラミック膜の成膜方法としては工業的に有用な方法である。さらに、湿式太陽電池の変換効率をさらに向上させるために、本発明では、半導体電極の表面に色素を吸着させた色素増感半導体電極を用いる。色素増感半導体電極の単位面積当たりの色素の吸着量及び光の吸収量を多くするには、電極表面に微細な凹凸を付けて、見掛けの表面積をできるだけ大きくすることが有効となる。金属の基板は高電圧で陽極酸化すると、表面で発生する火花放電によって多数の放電痕が形成され、多孔質になることがわかっている。しかし、このような放電痕の直径は数 μm 程度と大きいので、陽極酸化膜の表面積を大きくするにはあまり寄与しない。膜の表面積を増大させるには膜に数10nm程度の非常に微細な気孔を形成して多孔質にすることが、きわめて効果的である。このような多孔質構造とするためには、まず、陽極酸化の際に火花放電による加熱によって電解液から陽極酸化膜へイオンの取り込みを行わせ、次に、陽極酸化膜に取り込まれた液体に可溶性物質（イオン）を溶出させればよい。その可溶性物質が溶出したあとには細孔が無数形成され、陽極酸化膜は多孔質になり、表面積は著しく増大する。溶出方法としては、オートクレーブのような密閉容器中の液体又は蒸気の中で陽極酸化膜を100～500℃の範囲で加熱する、いわゆる水熱法が有効である。加熱温度が100℃より低いと、可溶性物質はほとんど溶出しない。また、オートクレーブを500℃より高い温度に加熱することは、装置が非常に大がかりになり一般的でない。液体としては一般に純水が用

いられるが、それだけに限定されるものではなく、陽極酸化膜から可溶性物質の溶出を促進させるために、酸性又はアルカリ性にすることもある。また、液体を攪拌しながら加熱処理すると溶出が促進される。さらに、陽極酸化しようとする金属基板の表面をあらかじめ粗くしておく、単位面積当たりの表面積をより一層増大させることができる。基板表面を粗面化するには、サンドブラストあるいはグリットブラストによる方法が好ましい。この方法で表面に突き刺さったサンドやグリットは、フッ酸溶液などでエッチングすることによってすべて取り除いておくことが必要である。また、セラミックス、金属、プラスチックなど任意の素材の基板に、アーク溶射、フレイム溶射、プラズマ溶射などによって、チタン、ニオブ、タンタル、ジルコニウム等の粉末を固着させれば、粗面化された金属層を形成できる。これを陽極酸化すれば、ブラスト処理と同様な効果が得られる。以下、具体例により本発明を詳細に説明する。湿式太陽電池に用いられる半導体電極としては、先述のようにチタン、ニオブ、タンタル、ジルコニウムの酸化物があるが、酸化チタンは光励起された表面の正孔が非常に高い酸化電位をもつことから特に注目されている。そこで、以下の実施の形態では、チタン及び酸化チタンを用いた湿式太陽電池について説明する。

【0011】尚、本実施の形態では、湿式太陽電池を構成する基板として直径20mmの円板を用いたが、この寸法、形状に限られるものではない。

〔第1の実施の形態〕図1は、本発明の第1の実施形態に係る湿式太陽電池の概略構成を示す断面図である。その構成は、透明基板1、透明導電膜2、電解質層3、色素増感半導体電極4及び導電性基板5を順次積層したもので、透明導電膜2及び導電性基板5の間から電力を取り出す。透明基板1としてガラス基板を用い、透明導電膜2としてITO膜を用い、ITO膜の形成にはスパッタリング法を用いた。また、導電性基板5としてチタン基板を用い、色素増感半導体電極4は、チタン基板を陽極酸化して形成されるチタン陽極酸化膜に色素を担持させたものである。チタン基板の表面にチタン陽極酸化膜を形成させる際の陽極酸化の条件は、濃度 0.02mol/lのβ-グリセロリン酸ナトリウム及び濃度0.08mol/lの酢酸ストロンチウムからなる40℃の電解質水溶液を用いて、直流電圧 400V、電流密度 50mA/cm²に設定した。形成されたチタン陽極酸化膜中には、PとSrが含まれており、これらのPとSrは、チタン陽極酸化膜が形成されたチタン基板をオートクレーブ中に入れて、300℃の高圧水中で2時間加熱処理する水熱法によって溶出させた。その結果、チタン陽極酸化膜は、粒径が約40nmの酸化チタン微粒子同士の上に微小な気孔が形成された多孔質構造になった。この多孔質のチタン陽極酸化膜をローダミンB水溶液に24時間浸漬し、陽極酸化膜を構成する酸化チタン微粒子上に色素を吸着させることによ

り、色素増感半導体電極4を作製した。最後に、透明導電膜2と色素増感半導体電極4との間に、テトライソプロピルヨージドとヨウ素を炭酸エチレンとアセトニトリルの混合溶液に溶解した電解液をしみ込ませることによって電解質層3を作製し、図1に示す構造の湿式太陽電池が完成した。本実施形態の湿式太陽電池に 500Wのキセノンランプからの光を照射したときの起電力を測定したところ、電流は 0.32mA、電圧は0.33Vであった。

【0012】〔第2の実施の形態〕本実施例の湿式太陽電池は、チタン基板表面に凹凸を設けた以外は、上記第1の実施形態と同じである。チタン基板を#36のアルミナ粒子でブラスト処理した後に、30%フッ酸溶液中でエッチングすることにより、基板に突き刺さっていたアルミナ粒子を取り除き、基板の表面に凹凸を形成した。第1の実施形態と同様に、陽極酸化、水熱処理色素吸着、電解質層形成の工程を経て、湿式太陽電池を組み立てた。本実施形態の湿式太陽電池に 500Wのキセノンランプからの光を照射したときの起電力を測定したところ、電流は 0.47mA、電圧は0.35Vであり、第1の実施形態の測定値に比べて電流値も電圧値も大きかった。

【0013】〔第3の実施の形態〕図2は、本発明の第3の実施形態に係る湿式太陽電池の概略構成を示す断面図である。その構成は、透明基板1、透明導電膜2、電解質層3、色素増感半導体電極4、チタン層6及び基板7を順次積層したもので、チタン層6と基板7を併せて導電性基板5としている。従って、透明導電膜2及びチタン層6の間から電力を取り出す。透明基板1としてガラス基板を用い、透明導電膜2としてITO膜を用い、ITO膜の形成にはスパッタリング法を用いた。

【0014】また、基板7の材質としてステンレススチールを用い、色素増感半導体電極4を構成する半導体電極は、溶射により形成されたチタン層を陽極酸化して形成されるチタン陽極酸化膜である。この場合、チタン層の厚さ全部を陽極酸化膜とするのではなく、陽極酸化されないチタン層を一部残して、取り出し電極として利用する。

【0015】本実施の形態が上記第1及び第2の実施形態と異なる点は、基板7と陽極酸化膜を形成するための金属層は別種であること、陽極酸化を施すための金属層は溶射によって基板7の上に形成されたものであることの2点である。本実施の形態では、ステンレススチール製の基板に粒径が10～45μmのチタン粒子をプラズマ溶射し、膜厚が約50μm、表面粗さがR_{max}で36μmのチタン層6を形成した。尚、プラズマ溶射によるチタン層の厚さは50μmに限らず、より厚く形成してもよい。

【0016】また、基板7が導電性を有している場合には、チタン層全部を陽極酸化してもよい。チタン層6表面に陽極酸化膜を形成させる際の条件は、上記第1及び第2の実施形態と同様である。すなわち、濃度 0.02mol/lのβ-グリセロリン酸ナトリウム及び濃度0.08mol/l

の酢酸ストロンチウムからなる40°Cの電解質水溶液を用いて、直流電圧 400V、電流密度 50mA/cm²に設定した。形成されたチタン陽極酸化膜中には、PとSrが含まれており、これらのPとSrは、チタン陽極酸化膜が形成された導電性基板5をオートクレーブ中に入れて300°Cの高圧水中で2時間加熱処理することによって溶出させた。その結果、チタン陽極酸化膜は、粒径が約40nmの酸化チタン微粒子の間に微小な気孔が形成された多孔質構造になった。この多孔質のチタン陽極酸化膜をローダミンB水溶液に24時間浸漬し、陽極酸化膜を構成する酸化チタン微粒子上に色素を吸着させることにより、色素増感半導体電極4を作製した。最後に、透明導電膜2と色素増感半導体電極4との間にヨウ素電解質溶液をしみ込ませることによって電解質層3を形成させ、周囲を樹脂で封止し、図3に示す構造の湿式太陽電池を完成させた。本実施形態の湿式太陽電池に500Wのキセノンランプからの光を照射したときの起電力を測定したところ、電流は0.54mA、電圧は0.35Vであった。

【第4の実施の形態】本実施の形態が上記第1の実施形態と異なる点は、水熱処理の条件と色素の種類である。チタン基板の表面に陽極酸化膜を形成させる際の条件は、上記の各実施形態と同様である。すなわち、濃度0.02mol/lのβ-グリセロリン酸ナトリウム及び濃度0.08mol/lの酢酸ストロンチウムからなる40°Cの電解質水溶液を用いて、直流電圧 400V、電流密度 50mA/cm²に設定した。形成されたチタン陽極酸化膜中には、PとSrが含まれており、これらのPとSrは、チタン陽極酸化膜が形成された図1に示す導電性基板5をオートクレーブ中に入れて180°Cの高圧水中で4時間加熱処理することによって溶出させた。その結果、チタン陽極酸化膜は、粒径が約30nmの酸化チタン微粒子の間に微小な気孔が形成された多孔質構造になった。この多孔質のチタン陽極酸化膜を100°Cで真空乾燥した後、直ちにエオシンYを含むエタノール溶液に24時間浸漬し、陽極酸化膜を構成する酸化チタン微粒子上に色素を吸着させることにより、色素増感半導体電極4を作製した。

【0017】最後に、透明導電膜2と色素増感半導体電極4との間に、テトライソプロピルヨードとヨウ素を炭酸エチレンとアセトニトリルの混合溶液に溶解した電解液をしみ込ませることによって電解質層3を作製し、

図1に示す構造の湿式太陽電池が完成させた。本実施形態の湿式太陽電池に、420nm以下の波長の光をカットするフィルターを透して500Wのキセノンランプからの光を照射したときの起電力を測定したところ、電流は0.78mA、電圧は0.65Vであった。この起電力測定を1時間続けても、本実施形態の湿式太陽電池は安定した発電が認められた。なお、本実施形態では、導電性基板5としてチタン板を用いたが、サンドブラスト処理したチタン板にも、チタン粉末の溶射によって形成されたチタン層を有する基板にも適用できる。

【0018】

【発明の効果】以上の通り、本発明の色素増感半導体電極は、導電性基板を構成する金属を陽極酸化して形成された酸化膜を用いるので、導電性基板と酸化膜とは強固に結合された一体構造をとり、その界面での電気抵抗を低減できる。また、陽極酸化及び水熱処理による加熱効果により、陽極酸化膜を構成する微粒子間の電気抵抗を低減できる。さらに、陽極酸化膜に微細な気孔を無数形成させた多孔質構造とすることにより表面積を飛躍的に増大させ、これに色素を吸着させることにより、照射光の利用効率を高めることができる。従って、本発明の色素増感半導体電極を用いた湿式太陽電池は、電子の授受がスムーズに行われ、且つ照射光を十分に利用できるので、エネルギー変換効率が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1及び第2の実施形態に係る湿式太陽電池の概略構成を示す断面図である。

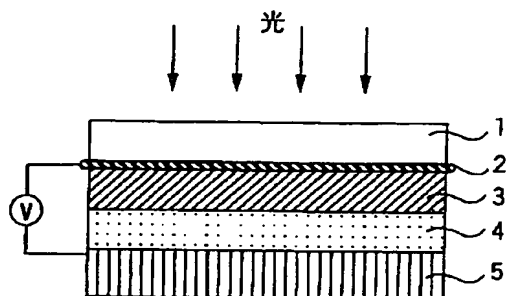
【図2】本発明の第3の実施形態に係る湿式太陽電池の概略構成を示す断面図である。

【図3】従来の湿式太陽電池の概略構成を示す断面図である。

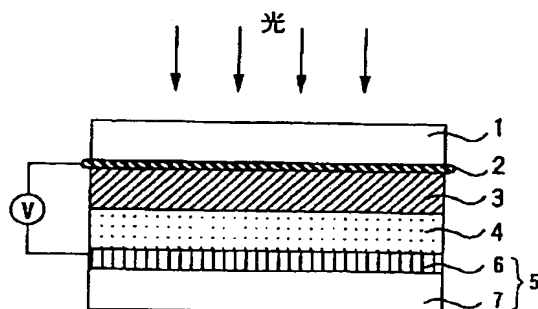
【符号の説明】

- 1・・・透明基板
- 2・・・透明導電膜
- 3・・・電解質層
- 4・・・色素増感半導体電極
- 5・・・導電性基板
- 6・・・チタン層
- 7・・・基板

【図1】



【図2】



【図3】

